

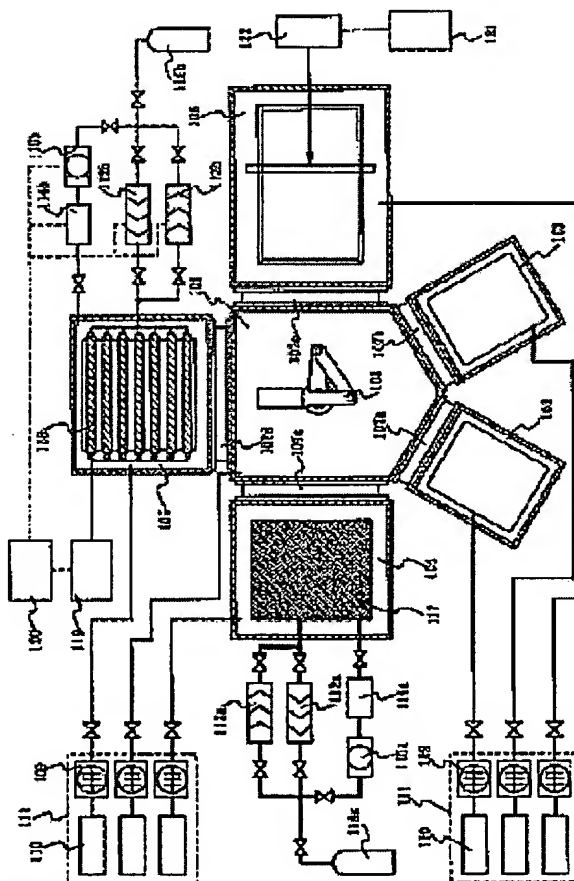
# HEAT TREATMENT DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

Patent number: JP2002261040  
Publication date: 2002-09-13  
Inventor: YAMAZAKI SHUNPEI  
Applicant: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB  
Classification:  
- international: C23C16/46; H01L21/20; H01L21/26; H01L21/306; H01L21/336; H01L29/786; C23C16/46; H01L21/02; H01L29/66; (IPC1-7): H01L21/306; H01L21/26; C23C16/46; H01L21/20; H01L21/336; H01L29/786  
- european:  
Application number: JP20010401933 20011228  
Priority number(s): JP20010401933 20011228; JP20000403268 20001228

Report a data error here

## Abstract of JP2002261040

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for activating an impurity element added to a semiconductor film in heat treatment for short time and performing a gettering processing on the semiconductor film without deforming a substrate in the manufacturing processor of a semiconductor device where the substrate having low heat resistance such as glass is used, and to provide a heat treatment device where such heat treatment is realized. **SOLUTION:** The device is provided with a reaction tube, an exhausting means depressurizing the reaction tube, a means introducing gas heating or cooling the object to be treated which is installed in the reaction tube, a light source heating the object to be treated which is installed in the reaction tube, and a means for flickering the light source in a pulse shape. Heating by the object to be treated by the light source is provided with a first means which flickers in a pulse shape at the period of not more than one second and heats the object to be treated, and a second means which flickers in the pulse shape at the period of not less than one second and which heats the object to be treated.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-261040

(P2002-261040A)

(43) 公開日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	7-71-1*(参考)
H 0 1 L 21/26		C 2 3 C 16/46	4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/46		H 0 1 L 21/20	5 F 0 4 3
H 0 1 L 21/20		21/26	F 5 F 0 5 2
21/336		29/78	6 2 7 G 5 F 1 1 0
29/786			6 2 7 F

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-401933(P2001-401933)  
 (22) 出願日 平成13年12月28日 (2001.12.28)  
 (31) 優先権主張番号 特願2000-403268(P2000-403268)  
 (32) 優先日 平成12年12月28日 (2000.12.28)  
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000153878  
 株式会社半導体エネルギー研究所  
 神奈川県厚木市長谷398番地  
 (72) 発明者 山崎 舜平  
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
 導体エネルギー研究所内

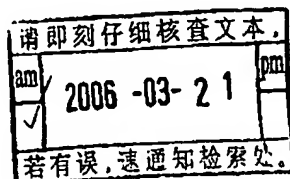
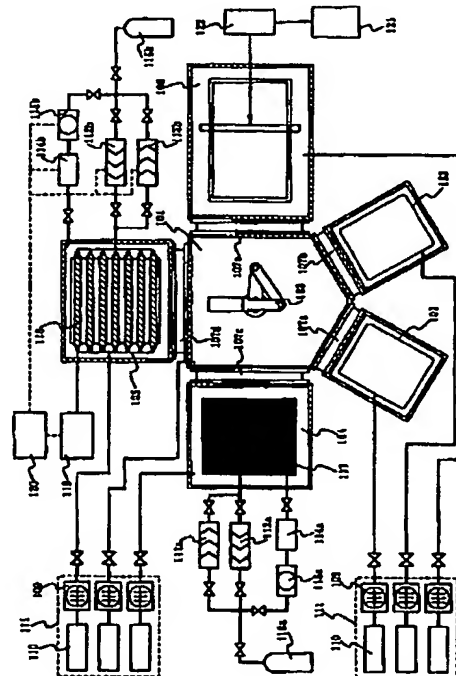
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱処理装置及び半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【課題】 ガラスなど耐熱性の低い基板を用いた半導体装置の製造工程において、基板を変形させることなく、短時間の熱処理で半導体膜に添加した不純物元素の活性化や、半導体膜のゲッタリング処理をする方法と、そのような熱処理を可能とする熱処理装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 反応管と、反応管内を減圧にする排気手段と、反応管内に設置される被処理体を加熱または冷却する気体を導入する手段と、反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、当該光源をパルス状に点滅させる手段とを備えている。また、光源による被処理体の加熱は、周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の手段と、周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の手段とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】反応管と、前記反応管内に気体を供給すると共に当該気体を加熱又は冷却する気体供給手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源をパルス状に点滅させる手段とを備えていることを特徴とする熱処理装置。

【請求項2】反応管と、前記反応管内に気体を供給すると共に当該気体を加熱又は冷却する気体供給手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源をパルス状に点滅させる手段とを有し、前記光源は前記反応管の外側に備えられ、前記気体供給手段により加熱された気体を供給しながら前記光源をパルス状に点滅して被処理体を加熱する機能を有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項3】反応管と、前記反応管内に気体を供給すると共に当該気体を加熱又は冷却する気体供給手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源をパルス状に点滅させる手段とを有し、前記光源は前記反応管の外側に備えられ、前記気体供給手段により加熱された気体を供給しながら前記光源をパルス状に点滅して被処理体を加熱し、その後、前記気体供給手段により室温又はそれ以下の温度に冷却された気体を供給し前記被処理体を冷却する機能を有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項4】反応管と、前記反応管内に気体を供給すると共に当該気体を加熱又は冷却する気体供給手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の手段と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の手段とを備えたことを特徴とする熱処理装置。

【請求項5】反応管と、前記反応管内を減圧にする排気手段と、前記反応管内に気体を供給すると共に当該気体を加熱又は冷却する気体供給手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源をパルス状に点滅させる手段とを備えていることを特徴とする熱処理装置。

【請求項6】反応管と、前記反応管内を減圧にする排気手段と、前記反応管内に気体を供給すると共に当該気体を加熱又は冷却する気体供給手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源をパルス状に点滅させる手段とを有し、前記光源は前記反応管の外側に備えられ、前記反応管内を減圧に保持した状態で、前記気体供給手段により加熱された気体を供給しながら前記光源をパルス状に点滅して被処理体を加熱する機能を有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項7】反応管と、前記反応管内を減圧にする排気手段と、前記反応管内に気体を供給すると共に当該気体を加熱又は冷却する気体供給手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源を

パルス状に点滅させる手段とを有し、前記光源は前記反応管の外側に備えられ、前記反応管内を減圧に保持した状態で、前記気体供給手段により加熱された気体を供給しながら前記光源をパルス状に点滅して被処理体を加熱し、その後、前記気体供給手段により室温又はそれ以下の温度に冷却された気体を供給し前記被処理体を冷却する機能を有することを特徴とする熱処理装置。

【請求項8】反応管と、前記反応管内を減圧にする排気手段と、前記反応管内に気体を供給すると共に当該気体を加熱又は冷却する気体供給手段と、前記反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の手段と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の手段とを備えたことを特徴とする熱処理装置。

【請求項9】請求項1乃至請求項8のいずれかにおいて、前記光源はハロゲンランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプから選ばれた一つであることを特徴とする熱処理装置。

【請求項10】請求項1乃至請求項8のいずれかにおいて、前記気体は、窒素、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、キセノンから選ばれた一つであることを特徴とする熱処理装置。

【請求項11】反応管内に加熱された気体を供給し、且つ、前記反応管の外側に備えられた光源をパルス状に点滅して、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項12】前記反応管内に加熱された気体を供給し、且つ、前記反応管の外側に備えられた光源をパルス状に点滅して前記反応管内に置かれた被処理体を加熱し、その後前記反応管内に室温又はそれ以下の温度に冷却された気体を供給し前記被処理体を冷却することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項13】反応管の外側に光源が備えられ、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とにより前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項14】反応管の外側に光源が備えられ、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とにより前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項15】反応管内を減圧状態として反応管内に加熱された気体を供給し、且つ、前記反応管の外側に備えられた光源をパルス状に点滅して、前記反応管内に置か

れた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項16】反応管内を減圧状態として前記反応管内に加熱された気体を供給し、且つ、前記反応管の外側に備えられた光源をパルス状に点滅して前記反応管内に置かれた被処理体を加熱し、その後前記反応管内に室温又はそれ以下の温度に冷却された気体を供給し前記被処理体を冷却することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項17】反応管の外側に光源が備えられ、反応管内を減圧に保持すると共に、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とにより前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項18】反応管の外側に光源が備えられ、反応管内を減圧に保持すると共に、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とにより前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項19】請求項11乃至請求項18のいずれかにおいて、前記光源はハロゲンランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプから選ばれた一つであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項20】一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、反応管内に加熱された気体を供給し、且つ、前記反応管の外側に備えられた光源をパルス状に点滅して、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項21】一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、前記反応管内に加熱された気体を供給し、且つ、前記反応管の外側に備えられた光源をパルス状に点滅して前記反応管内に置かれた被処理体を加熱し、その後前記反応管内に室温又はそれ以下の温度に冷却された気体を供給し前記被処理体を冷却することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項22】一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、反応管の外側に光源が備えられ、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とにより前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項23】一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、反応管の外側に光源が備えられ、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱

する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とにより前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項24】一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、反応管内を減圧状態として反応管内に加熱された気体を供給し、且つ、前記反応管の外側に備えられた光源をパルス状に点滅して、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項25】一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、反応管内を減圧状態として前記反応管内に加熱された気体を供給し、且つ、前記反応管の外側に備えられた光源をパルス状に点滅して前記反応管内に置かれた被処理体を加熱し、その後前記反応管内に室温又はそれ以下の温度に冷却された気体を供給し前記被処理体を冷却することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項26】一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、反応管の外側に光源が備えられ、反応管内を減圧に保持すると共に、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とにより前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項27】一導電型の不純物領域を形成された半導体膜を反応管内に設置して、反応管の外側に光源が備えられ、反応管内を減圧に保持すると共に、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とにより前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項28】請求項20乃至請求項27のいずれかにおいて、前記光源はハロゲンランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプから選ばれた一つであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は熱処理装置及び該熱処理装置を用いた半導体装置の作製方法に関する。特に本発明は、ランプなど光源からの輻射により被処理物を加熱する熱処理装置に関し、該熱処理装置を用いた半導体装置の作製方法は結晶構造を有する半導体膜を用いる半導体装置に適用される。

【0002】

【従来の技術】半導体に添加した不純物の活性化や、半

導体と電極とのコンタクト形成に熱処理は必須の工程となっている。中でもホットウォール型の横型又は縦型のファーンズアニール炉は代表的な熱処理装置として知られている。

【0003】しかしながら、半導体を用いて作製されるモノシリック型の集積回路は、その微細化に伴って極めて精密な加工精度の要求がますます高まっている。特に、浅い接合の形成には不純物の拡散を最低限にとどめる熱処理技術が必要であり、ファーンズアニール炉のように加熱及び冷却にかなりの時間を必要とする方法は必ずしも適切ではないと考えられている。

【0004】これに対し急速加熱及び急速冷却を行う熱処理技術として、瞬間熱アニール (Rapid Thermal Anneal:以下、RTAと記す) が開発されており、数十秒から数マイクロ秒の間に瞬間的に熱を加えて行う方法が開発されている。RTAは主に赤外線ランプを用いて基板を急速に加熱し、短時間で熱処理を行う方法として知られている。

【0005】ところで、集積回路はシリコンウエハーなどの半導体基板を用いて作製されるものばかりでなく、ガラスや石英などの基板上に形成した薄膜トランジスタ (以下、TFTという) を用いる方法も開発されている。TFTはその構造や作製方法に違いはあるものの、いずれにしてもチャンネルを形成する活性層を非晶質半導体膜で形成するより、結晶構造を有する半導体膜 (以下、結晶質半導体膜と記す) で形成する方が良好な電気的特性を得ることができる。

【0006】石英基板を用いれば900℃の熱処理にも耐えることができ、半導体基板を前提とした製造技術を応用することが可能である。一方、液晶表示装置のように基板のサイズが大型化する場合には、コストの低減のために安価なガラス基板を用いることが前提条件となる。液晶表示装置などの電子機器向けに市販または量産されているガラス基板は、含有するアルカリ元素の濃度を低減したアルミノホウケイ酸ガラスやバリウムホウケイ酸ガラスなどが用いられているが、このようなガラス基板の耐熱温度はせいぜい650℃程度であるので、必然的に熱処理温度の上限がその近辺で決定されてしまう。

【0007】例えば非晶質シリコン膜は、結晶化には600℃以上で数時間から数十時間の熱処理温度が要求される。結晶化をより短時間でを行うためにはより高温にする必要がある。しかし、歪み点を超える熱処理温度の高温化は、ガラス基板の不可逆的な変形を招き実用的な方法とはならない。そのために採用されるレーザーアニール法は、光学系により集光した高エネルギー密度のレーザー光を照射して結晶化するものである。代表的にはパルス発振するエキシマレーザーが用いられ、レーザー光の照射時間は数十ナノ秒でありながら、半導体膜は溶融し液相状態を経て結晶化している。

【0008】勿論、RTA法でも非晶質半導体膜の結晶化が試みられているが、レーザーアニール法よりは長い加熱時間を要する。また、加熱温度からみても、RTA法による結晶化は固相成長であるので、レーザーアニール法と比較して、良質な結晶を得ることができないばかりか、基板の温度もかなり上昇するので耐熱性のある石英基板を使う必要がある。ガラス基板では、結晶化のために照射するランプ光の数十秒の加熱で基板の温度が上昇し、歪みや変形が生じてしまうことが確認されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】半導体膜の熱処理による結晶化や、添加した不純物の活性化は、その条件に最適な温度範囲があるにしても、より高温で加熱するほど反応は早く進行し、熱処理は短時間で済む。RTA法を用いたとしても、耐熱性の低いガラス基板を用いる場合には、その耐熱温度以上にガラス基板が加熱されるような処理条件を適用することができないので、処理温度を低くする代わりに処理時間を長くする必要が生じる。しかしながら、RTAは枚葉式の処理を前提としているので、熱処理時間の増加はスループットの低下を招いてしまう。

【0010】RTA法は短時間で高温まで加熱することが可能であり、枚葉式であってもファーンズアニール法に比べ潜在的に高い処理能力を有している。しかし、従来のRTA法では加熱時間を短くする代わりに加熱温度を高くする必要があり、活性化やゲッタリング処理における所望の効果を得るにはガラスの歪み点、さらには軟化点以上に加熱する必要がある。例えば、ゲッタリング処理をするために800℃にて60秒の熱処理をただだけで、ガラス基板は自重により湾曲し変形してしまう。

【0011】もっとも、バッチ処理のファーンズアニール炉を用いる手段も考慮されるが、被処理基板が大型化すると装置も大型化し、設置面積の増大のみでなく、大容量の炉内を均一に加熱するために消費電力が増大してしまうことが問題となる。

【0012】本発明は、上記問題点を解決することを目的とし、ガラスなど耐熱性の低い基板を用いた半導体装置の製造工程において、基板を変形させることなく、短時間の熱処理で半導体膜に添加した不純物元素の活性化や、半導体膜のゲッタリング処理をする方法と、そのような熱処理を可能とする熱処理装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するための本発明の熱処理装置の構成は、反応管と、反応管内に設置される被処理体を加熱または冷却する気体を導入する手段と、反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、当該光源をパルス状に点滅させる手段とを備えている。また、他の構成は、反応管と、反応管内

に設置される被処理体を加熱された、或いは、室温又はそれ以下の温度に冷却された気体を導入する手段と、反応管内に設置される被処理体を加熱するための光源と、当該光源をパルス状に点滅させる手段とを備えている。このような構成に加え、反応管内を減圧にする排気手段が備えられていても良い。

【0014】また、光源による被処理体の加熱は、周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の手段と、周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の手段とを備えている。これは、光源を共通なものとするものの、その光源を点灯させる電源回路の構成を変えることにより行う。

【0015】光源にはハロゲンランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプなどが採用されるが、いずれにしても放射光として被処理体が吸収する波長帯を含むものを用いる。例えば、シリコン膜であれば0.5～1.5 $\mu\text{m}$ の波長帯の光を放射するハロゲンランプやメタルハライドランプなどが適している。

【0016】また、反応管内に導入する気体は窒素、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、キセノンなどの不活性気体を用い被処理体と反応することを防ぐ。

【0017】また、このような構成の熱処理装置を用いた本発明の半導体装置の作製方法は、前記反応管内に加熱された気体を供給し、前記反応管の外側に備えられた光源をパルス状に点滅して、前記反応管内に置かれた被処理体を加熱することを特徴としている。また、加熱を終了した後は、反応管内に室温又はそれ以下に冷却された気体を供給し前記被処理体を冷却することによりスルーputを向上させることもできる。また、反応管内を減圧に保持して同様の作製方法を適用することもできる。尚、本発明において半導体装置とは半導体特性を利用して機能しうる装置全般を指している。

【0018】被処理体の加熱処理の方法は、加熱した不活性気体をもって被処理体を加熱するに加え、光源を周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、前記光源を周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階により行う方法も採用される。この第1の段階は所定の温度まで被処理体を予熱するために行い、第2の加熱処理は結晶化、活性化、ゲッターリングなど所望の熱処理を行うためのものである。

【0019】被処理体としては、ガラスまたは石英などの基板上に形成された半導体膜などであり、半導体膜には一導電型の不純物が添加された不純物領域が形成されていても良い。また、ゲート絶縁膜、ゲート電極などが形成されていても良い。

【0020】本発明の熱処理装置を用いた加熱処理は図6で示すように、大別して予備加熱、加熱処理、冷却処理の三つの段階に分けられる。予備加熱では加熱手段に

より加熱された不活性気体により被処理体を加熱する。加熱温度は300～500℃程度とし、その温度を保った状態で光源をパルス状に点灯し、加熱処理を行う。光源の1回当たりの発光時間は0.1～60秒、好ましくは0.1～20秒であり、当該光源からの光を複数回照射する。または、半導体膜の最高温度の保持時間が0.5～5秒であるように光源からの光をパルス状に照射する。その後、冷却処理では、冷却手段を介して供給される室温または室温以下の温度に冷却された不活性気体により200℃以下にまで被処理体を冷却する。

【0021】予備加熱は、加熱された不活性気体のみでなく、図7に示すように光源を1秒以下の周期で点滅させ、そのパルス光を複数回照射することによって行っても良い。点滅にはパルスフォーミングネットワーク回路を用い、パルス状の大電流を光源に効率良く供給する。勿論、このようなパルス光による加熱と、加熱された不活性気体による加熱を組み合わせると予備加熱を行っても良い。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。本発明の熱処理装置の構成を図1により説明する。図1に示す熱処理装置は、基板を移動させる搬送手段108を備えた搬送室101の周りに、ロード室102、アンロード室103、予備加熱室104、熱処理室105、レーザー処理室106を備えた構成となっている。これらの部屋は、排気手段111により減圧に保持することが可能となっている。また、ゲート107a～107eを介して搬送室101と連結されている。

【0023】熱処理室105には光源118が備えられ、電源ユニット119により点灯させる。また、この熱処理室105内を減圧にする排気手段111としてターボ分子ポンプ109とドライポンプ110が備えられている。勿論、排気手段111には、その他の真空ポンプを用いることが可能である。

【0024】熱処理室105内に導入する気体は窒素やヘリウム、アルゴン、クリプトン、ネオンなどの不活性気体を用いる。いずれにしても光源118の輻射熱に対し吸収率の小さい媒質であることが望ましい。この気体はシリンダー116bから供給されるが、このような気体を供給する手段として、熱処理室105に導入する前に気体の加熱手段112b及び冷却手段113bが設けられている。これは熱処理室105に設置される被処理体の加熱又は冷却をするためのものであり、気体はこのいずれか一方の経路により熱処理室105に導入される。熱処理室105に供給した気体は、サーキュレータ115bにより循環させて基板を冷却する。この場合、気体の純度を維持するために精製器114bを途中に設けておくことが望ましい。精製器114bはゲッター材を用いても良いし、液体窒素によるコールドトラップを



用いても良い。

【0025】光源118はその電源ユニット119によりパルス状に点灯させる。光源118の点灯及び消灯と、熱処理室105に流す気体の流量は連動して変化させている。被処理体は光源118の点灯により急速に加熱される。昇温期間は100～200℃/秒という昇温速度で設定温度（例えば1150℃）まで加熱する。設定温度は、被処理基板近傍に置かれた温度検出手段により検知される温度である。温度検出手段としてはサーモパイルや熱電対などを用いる。

【0026】例えば、150℃/秒の昇温速度で加熱すれば、1100℃まで7秒弱で加熱できる。その後、ある一定時間設定温度に保持し、光源の点灯を遮断する。保持時間は0.5～5秒とする。従って、光源の連続点灯時間は0.1秒以上であり、90秒を超えることはない。

【0027】光源にはハロゲンランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ、キセノンランプなどを用いることができる。光源118の点灯は、周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階と、周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階とに分けて行われる。第1の段階は被処理体を予備加熱するために行い、200～400℃程度までの加熱を行う。第2の段階は、熱処理を目的とした加熱であり、光源118の点灯時間を長くして所望の温度まで基板を加熱する。

【0028】光源118のパルス状の点灯は、被処理体の所定の領域を選択的に加熱するために行っている。例えば、被処理体としてガラス基板上の半導体膜がある場合、赤外領域に強いスペクトル分布を持つハロゲンランプを用いれば、ガラス基板を变形させることなく実質的に半導体膜を600℃以上に加熱することができる。

【0029】周期1秒以下でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第1の段階のように、短い周期でパルス状の放電を可能とする回路の一例は図8に示されている。図8(A)の回路はパルスフォーミングネットワーク(Pulse Forming Network)回路であり、L1、C1、Rによる臨界制動放電に、L2、C2、Rによる3倍の周期の減衰振動を加えることでパルス波形を方形波としている。このような放電回路によりパルス幅10ナノ秒～100ミリ秒で、10mA程度の出力が可能となる。放電の持続時間はLとCの値や接続段数により可変可能である。その出力は図8(B)に示すように光源H1～Hnに供給される。一方、周期1秒以上でパルス状に点滅して被処理体を加熱する第2の段階は、バッテリーを用やフライホイール発電機などにより行う。

【0030】熱処理は、排気手段111により13.3Pa以下の減圧下に保持された熱処理室105内に被処理体を設置し、第1の段階として加熱手段112bにより加熱された気体を導入し、13.3～1.33×10<sup>4</sup>P

aに保つ。導入された気体により被処理体は200～400程度まで加熱される。この気体は精製器114b、循環器115b、加熱手段112bの経路により循環させても良い。この第1の段階として光源118を周期1秒以下の短い間隔で点滅させる加熱を加えても良い。その後、第2の段階として光源118より1～60秒の点灯時間のパルス光を複数回照射する熱処理を行う。所定の熱処理が終わった後、気体の流入経路を変更し、冷却手段113bを介して導入する。これは、被処理体を冷却するために行うものであり、冷却される気体の温度は室温～液体窒素温度程度までとする。

【0031】このように、本発明の熱処理装置は、被処理体の加熱と冷却にかかる時間を短縮するために室温以上の温度に加熱、又は室温からそれ以下の温度に冷却した気体を用いることを特徴としている。また減圧下に行うことにより断熱性を高め熱効率を向上させている。実際の加熱時間を短くし、かつ、半導体膜に選択的に吸収される光を光源から照射することにより、基板自体はそれ程加熱することなく、半導体膜のみを選択的に加熱することが可能となる。

【0032】予備加熱室104は被処理体の加熱及び冷却をより積極的に行うものであり、シリンダー116aから供給される不活性気体を加熱手段112a又は冷却手段113aにより加熱又は冷却し、被処理体に吹き付ける構成となっている。予備加熱室104は同様に排気手段111により減圧に保持され、導入された気体は精製器114a、循環器115aにより循環させることも可能である。

【0033】また、付属するレーザー処理室106はレーザー光により被処理体の熱処理を行う処理室であり、レーザー発振器121及びレーザー光を被処理体に所定のエネルギー密度で照射するための光学系122などが備えられている。

【0034】図2は熱処理室105の詳細を説明する図である。熱処理室105には石英で形成された反応管160があり、その外側に光源118が設けられている。反応管160内に被処理体が設置されるが、温度分布を均一なものとするために被処理基板はピン上に乗せられる。減圧手段111は、好ましくはターボ分子ポンプ109とドライポンプ111とから成り、反応管内の気体を排気し減圧に保持するために用いる。光源118により加熱される温度の測定は、熱電対を用いた温度検出手段124により行う。反応管160内にはサーモパイルなどのセンサー125が設けられ、間接的に被処理体の加熱温度をモニターしている。

【0035】減圧下での熱処理においても、光源からの輻射が被処理体に吸収される波長帯を用いることにより、効率良く加熱することが可能である。減圧下での熱処理は酸素濃度が低減され、被処理体の酸化を抑制することができる。



【0036】光源118は電源ユニット119により点灯と消灯の動作をする。コンピュータ120はこの電源ユニット119と、気体の加熱手段112b及び冷却手段113b、精製器114b、循環器115bの動作を集中して制御している。

【0037】反応管160は二重構造になっており、内管161の内側に被処理体が設置されている。加熱手段112b又は冷却手段113bを介して供給される不活性気体は反応管(外管)160と内管161との間に供給され、内管161に設けられた細孔から内管161の内側に供給されるようになっている。

【0038】図3は熱処理室105における他の構成例であり、反応管160内に供給する不活性気体を加熱及び冷却する手段としてラジエーター162を用い、反応管160に直結した構成を示している。ラジエーター162は熱交換器126に接続し加熱又は冷却を行う。その他の構成は図2と同様なものとする。

【0039】図4は予備加熱室104の構成を示し、シリンダー116aから加熱手段112a又は冷却手段113aを介して供給される不活性気体は多孔質材107を通して予備加熱室104内に供給される。細孔を多数設けたシャワー板などを用いても良いが、基板100により均一に不活性気体を吹き付けるにはセラミックなどで形成される多孔質材を用いて行うことが望ましい。その他排気手段111などの構成は図1の説明に従うものとする。

【0040】本発明の熱処理装置に適した不活性気体の加熱手段及び冷却手段の構成の一例を図5に示す。図5(A)は加熱手段の一例を示し、気体を通過させるシリンダー150の内側に高純度のチタンやタングステンで形成されたフィン152が設けられている。シリンダー150は透光性の石英などで形成され、その外側に設けられた光源150の輻射によりフィン152を加熱する。気体はフィン152に接触して加熱されるが、熱源をシリンダー150の外側に設けることにより汚染が防止され、通過させる気体の純度を維持することができる。

【0041】図5(B)は冷却手段の一例を示し、気体を通過させるシリンダー153内に高純度のチタンやタングステンで形成されたフィン154が設けられ、ヒートパイプにより熱交換器155と接続している。気体はフィン154に接触して加熱される。

【0042】以上、本発明を用いることにより、ガラス等の耐熱性の低い基板を用いた場合においても、短時間の熱処理で半導体膜に添加した不純物元素の活性化や、半導体膜のゲットリング処理をする方法及びそのような熱処理を可能とすることができる。そしてこのような熱処理は半導体装置の製造工程に組み入れることができる。本実施例において示す熱処理装置の構成は一例であり、ここで示す構成に限定されるものではない。本発明

の熱処理装置は、被処理基板を冷却する手段と、パルス状に光源からの光を照射して半導体膜を加熱させる構成に特徴があり、このような構成が満足されれば、その他の構成は特に限定されるものではない。

【0043】勿論、本発明の熱処理装置はTFTのみならず半導体基板を用いた集積回路の熱処理工程に用いることができる。

【0044】

【実施例】[実施例1]本発明の熱処理装置を用いて、非晶質半導体膜を結晶化させる実施例を図9により説明する。

【0045】図9において、基板201はアルミノホウケイ酸ガラスまたはバリウムホウケイ酸ガラスなどによる透光性の基板である。厚さは0.3～1.1mmのものをを用いる。この基板201上に非晶質シリコン膜203をプラズマCVD法で形成する。また、基板201から非晶質シリコン膜203に熱処理などにより不純物元素が混入しないようにブロッキング層201を形成する。通常はシリコンを成分とする絶縁膜を用いて形成するが、本実施例では、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$ からプラズマCVD法で作製される第1酸化窒化シリコン膜を50nm、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ からプラズマCVD法で作製される第2酸化窒化シリコン膜を100nmの厚さに形成し、これらを積層させてブロッキング層202としている。

【0046】非晶質シリコン膜203上には、シリコンの結晶化に必要な加熱温度を低温化することが可能な金属元素を添加する。このような触媒作用のある金属元素としては鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)、オスmium(Os)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)などであり、これらから選ばれた一種または複数種を用いることができる。

【0047】重量換算で0.1～100ppm、好ましくは1～5ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布してニッケル含有層204を形成する。この場合、当該溶液の馴染みをよくするために、非晶質シリコン膜203の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておくことと良い。シリコンの表面は本来疎水性なので、このように酸化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【0048】このような形態の被処理体をあらかじめ13.3Pa以下の減圧に保持された反応管206の中に設置する。そして加熱手段により250℃に加熱された不活性気体を導入して予備加熱を行う。予備加熱の時間は任意なものとするが、一例として5分間のその状態で保持する。或いは、他に設けられた予備加熱室であらかじ

め加熱されている場合には、1分間の予備加熱とすることもできる。

【0049】その後、点灯時間を40秒とし、その点灯間隔を30秒として光源を点滅させ、そのようなパルス光による照射を複数回（代表的には2～10回）繰り返すことにより加熱処理を行う。このパルス光により瞬間的に加熱される半導体膜の温度は直接的に測定されないが、熱電対を用いた温度センサーの測定値として1250℃となるように輻射強度を調節する。この加熱処理により非晶質シリコン膜を結晶化させることができる。その後、不活性気体の導入経路を切り換え、冷却手段により室温またはそれ以下の温度に冷却した不活性気体により冷却を行う。

【0050】また、プラズマCVD法で作製された非晶質シリコン膜は膜中に水素が10～30原子%程度残留しており、この水素を加熱により脱離させてから結晶化を行うことが通常行われる。そのための熱処理として、点灯時間0.1秒程度のパルス光を複数回照射して半導体膜を500℃程度まで加熱し、脱水素処理を行っても良い。この脱水素処理は減圧下で行うことによりより促進させることができる。

【0051】こうして、実質的には数秒～数分の加熱時間で非晶質シリコン膜を結晶化することができ、歪み点が660℃のガラス基板を用いても、基板を歪ませること無く結晶化を行うことができる。

【0052】【実施例2】このようにして作製される結晶質半導体膜を用いてTFTを作製する方法を図10を用いて説明する。

【0053】まず、図10(A)において、アルミノホウケイ酸ガラスまたはバリウムホウケイ酸ガラスなどによる透光性の基板301上に島状に分離された結晶質半導体膜303、304を形成する。また、基板301と半導体膜との間には、窒化シリコン、酸化シリコン、窒化酸化シリコンから選ばれた一つまたは複数種を組み合わせた第1絶縁膜302を50～200nmの厚さで形成する。

【0054】第1絶縁膜302の一例として、プラズマCVD法で $\text{SiH}_4$ と $\text{N}_2\text{O}$ を用い酸化窒化シリコン膜を50～200nmの厚さに形成する。その他の形態として、プラズマCVD法で $\text{SiH}_4$ と $\text{NH}_3$ と $\text{N}_2\text{O}$ から作製される酸化窒化シリコン膜を50nm、 $\text{SiH}_4$ と $\text{N}_2\text{O}$ から作製される酸化窒化シリコン膜を100nm積層させた2層構造や、或いは、窒化シリコン膜とTEOS (Tetraethyl Ortho Silicate) を用いて作製される酸化シリコン膜を積層させた2層構造としても良い。

【0055】そして、第2絶縁膜305を80nmの厚さで形成する。第2絶縁膜305はゲート絶縁膜として利用するものであり、プラズマCVD法またはスパッタ法を用いて形成する。第2絶縁膜305として、 $\text{SiH}_4$ と $\text{N}_2\text{O}$ に $\text{O}_2$ を添加させて作製する酸化窒化シリコン膜

は膜中の固定電荷密度を低減させることが可能となり、ゲート絶縁膜として好ましい材料である。勿論、ゲート絶縁膜はこのような酸化窒化シリコン膜に限定されるものでなく、酸化シリコン膜や酸化タンタル膜などの絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0056】その後、図10(B)に示すように、第2絶縁膜305上にゲート電極を形成するための第1導電膜と第2導電膜とを形成する。第1導電膜は窒化タンタルであり、第2導電膜はタングステンをを用いて形成する。この導電膜はゲート電極を形成する為のものであり、それぞれの厚さは30nm及び300nmとする。

【0057】その後、光露光工程により、ゲート電極を形成するためのレジストパターン308を形成する。このレジストパターンを用いて第1のエッチング処理を行う。エッチング方法に限定はないが、好適にはICP (Inductively Coupled Plasma: 誘導結合型プラズマ) エッチング法を用いる。タングステン及び窒化タンタルのエッチング用ガスとして $\text{CF}_4$ と $\text{Cl}_2$ を用い、0.5～2Pa、好ましくは1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成して行う。この時、基板側（試料ステージ）にも100WのRF (13.56MHz) 電力を投入して、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。 $\text{CF}_4$ と $\text{Cl}_2$ を混合した場合にはタングステン、窒化タンタルをそれぞれ同程度の速度でエッチングすることができる。

【0058】上記エッチング条件では、レジストによるマスクの形状と、基板側に印加するバイアス電圧の効果により端部をテーパ形状とすることができる。テーパ一部の角度は15～45度となるようにする。また、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10～20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。W膜に対する酸化窒化シリコン膜の選択比は2～4（代表的には3）であるので、オーバーエッチング処理により第2の絶縁層が露出した面は20～40nm程度エッチングされる。こうして、第1のエッチング処理により窒化タンタルとタングステンから成る第1形状電極306、307を形成することができる。

【0059】そして、第1のドーピング処理を行いn型の不純物（ドナー）を半導体膜にドーピングする。その方法に限定はないが、好ましくは、イオンドーピング法またはイオン注入法で行う。イオンドーピング法の条件はドーピング量を $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ として行う。n型を付与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いる。この場合、第1形状電極306、307はドーピングする元素に対してマスクとなり、加速電圧を適宜調節（例えば、20～60keV）して、第2絶縁膜を通過した不純物元素により第1不純物領域309、310を形成する。第1の不純物領域309、310におけるリン(P)濃度は $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の範囲となるようにする。

【0060】続いて、図10(C)に示すように第2のエッチング処理を行う。エッチングはICPエッチング法を用い、エッチングガスに $\text{CF}_4$ と $\text{Cl}_2$ と $\text{O}_2$ を混合して、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF電力(13.56MHz)を供給してプラズマを生成する。基板側(試料ステージ)には50WのRF(13.56MHz)電力を投入し、第1のエッチング処理に比べ低い自己バイアス電圧を印加する。このような条件によりタングステン膜を異方性エッチングし、第1の導電層である窒化タンタル膜を残存させるようにする。こうして、第1のエッチング処理により窒化タンタルとタングステンから成る第2形状電極311、312を形成する。第2絶縁膜はこのエッチング処理により窒化タンタルで覆われていない部分が10~30nm程度エッチングされ薄くなる。

【0061】第2のドーピング処理におけるドーズ量は第1のドーピング処理よりも少なくし、かつ高加速電圧の条件でn型不純物(ドナー)をドーピングする。例えば、加速電圧を70~120keVとし、 $1 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ のドーズ量で行い、第1の不純物領域の内側に第2の不純物領域を形成する。ドーピングは露出した窒化タンタルを通過させ、その下側の半導体膜に不純物元素を添加する。こうして、窒化タンタルと重なる第2不純物領域313、314を形成する。この不純物領域は、窒化タンタルの膜厚によって変化するが、そのピーク濃度は $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ の範囲で変化する。この領域のn型不純物の深さ分布は一様ではなくある分布をもって形成される。

【0062】そして図10(D)に示すようにレジストによるマスク315を形成し、半導体膜303、304にp型不純物(アクセプタ)をドーピングする。典型的にはボロン(B)を用いる。第1のp型不純物添加領域316、317の不純物濃度は $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ となるようにし、含有するリン濃度の1.5~3倍のボロンを添加して導電性をp型になっている。

【0063】その後、図11に示すように、添加した不純物を活性化する熱処理を行う。この熱処理は実施形態において説明する熱処理装置を用い、減圧状態に保持された反応管内に被処理体を導入し、パルス光の照射により活性化を行う。パルス光はタングステンハロゲンランプ319を光源として基板の片面または両面から照射する。減圧下とし酸素濃度を10ppm以下に低減した状態で行う加熱処理は、この段階で露出しているゲート電極の表面を酸化させることなく行うことができる。

【0064】この熱処理によって、不純物が活性化すると共に、第2形状の電極と重なる半導体膜の領域、即ちチャネル形成領域から結晶化に用いた触媒元素を焼とボロンが添加された不純物領域にゲッターリングすることができる。ここでは、ボロンが添加された領域にはイオンドーピング時に同時に水素が取り込まれ、その水素がこ

の加熱処理により再放出することにより一時的にダングリングボンドが多量に生成され、それがゲッターリングサイトとして作用するものと考えられる。

【0065】その後、図12に示すように酸化窒化シリコン膜または窒化シリコン膜から成る保護絶縁膜318をプラズマCVD法で50nmの厚さに形成する。クリーンオープンを用いる410℃の加熱処理はこの保護絶縁膜318からの水素放出をもたらす。半導体膜の水素化を行い欠陥を補償することができる。

【0066】層間絶縁膜321は、ポリイミドまたはアクリルなどの有機絶縁物材料で形成し表面を平坦化する。勿論、プラズマCVD法でTEOSを用いて形成される酸化シリコンを適用しても良い。

【0067】次いで、層間絶縁膜321の表面から各半導体膜の不純物領域に達するコンタクトホールを形成し、Al、Ti、Taなどを用いて配線を形成する。図10(D)において322~323はソース線またはドレイン電極となる。こうしてnチャネル型TFTとpチャネル型TFTを形成することができる。ここではそれぞれのTFTを単体として示しているが、これらのTFTを使ってCMOS回路やNMOS回路、PMOS回路を形成することができる。

【0068】[実施例3]図13(A)は、実施例2の工程により、同一基板上にpチャネル型TFT403、nチャネル型TFT404から成る駆動回路401と、nチャネル型TFT405から成る画素部402が形成された構成を示している。nチャネル型TFT405はマルチゲート構造を有しているが、作製工程は同様に行われる。また、画素部402には半導体膜414、第2絶縁膜、ゲート電極と同じ工程で作られる容量電極409からなる保持容量406が形成されている。412は画素電極であり、410はデータ線408と半導体膜413の不純物領域とを接続する接続電極である。また、411はゲート線であり、図中には示されていないが、ゲート電極として機能する第3形状電極407と接続している。この第3形状電極407は、第2形状電極の窒化タンタルをエッチングすることにより形成されるものである。

【0069】駆動回路401のpチャネル型TFT403、nチャネル型TFT404を用いてシフトレジスタ、レベルシフト、ラッチ、バッファ回路など様々な機能回路を形成することができる。図13(A)で示すA-A'間の断面構造は、図14で示す画素の上面図において示すA-A'線に対応している。また、図13(B)で示すB-B'間の断面構造は、図14で示す画素の上面図において示すB-B'線に対応している。

【0070】このような基板から液晶表示装置や、発光素子で画素部を形成する発光装置を形成することができる。図15はTFTによって駆動回路と画素部が形成されている基板の外観図である。基板501上には画素部

506、駆動回路504、505が形成されている。また、基板の一方の端部には入力端子502が形成され、各駆動回路に接続する配線503が引き回されている。

【0071】液晶表示装置を作製するには対向基板をシール材を用い間隙をもって貼り合わせ、その間隙に液晶を注入する。また、発光装置は有機発光素子を画素部に形成する。このように、本実施例によれば各種の半導体装置を作製することができる。

【0072】(実施例4)実施例1において示すように、非晶質半導体膜の全面に触媒作用のある金属元素を全面に添加して結晶化する方法は、本発明の熱処理装置を用いて行うことが可能であるが、より好ましくはその後金属元素をゲッターリングして除去することが望ましい。

【0073】図16はその一実施形態を説明する図であり、非晶質半導体膜の全面に触媒作用のある金属元素を全面に添加して結晶化した後、ゲッターリングを行う方法である。図16(A)において、基板601はバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラス、或いは石英などを用いることができる。基板601の表面には、ブロッキング層602として無機絶縁膜を10~200nmの厚さで形成する。ブロッキング層602はガラス基板に含まれるアルカリ金属がこの上層に形成する半導体膜中に拡散しないために設けるものであり、石英を基板とする場合には省略することも可能である。

【0074】ブロッキング層602の上に形成する非晶質構造を有する半導体膜603は、シリコンを主成分とする半導体材料を用いる。代表的には、非晶質シリコン膜又は非晶質シリコンゲルマニウム膜などが適用され、プラズマCVD法や減圧CVD法、或いはスパッタ法で10~100nmの厚さに形成する。良質な結晶を得るためには、非晶質構造を有する半導体膜603に含まれる酸素、窒素、炭素などの不純物濃度を極力低減する必要があり、高純度の材料ガスを用いることが望ましい。

【0075】その後、非晶質構造を有する半導体膜603の表面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素を添加する。重量換算で1~10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布して触媒含有層604を形成する。この場合、当該溶液の馴染みをよくするために、非晶質構造を有する半導体膜603の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておく。シリコンなど半導体膜の表面は本来疎水性なので、このように酸化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【0076】勿論、触媒含有層604はこのような方法に限定されず、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理などにより形成しても良い。

【0077】その後、実施例1と同様にして本発明の熱処理装置を用い、13.3~1.33×10<sup>4</sup>Paの減圧下にてパルス光の照射により図16(B)に示す結晶質半導体膜605を形成することができる。

【0078】さらに結晶化率(膜の全体積における結晶成分の割合)を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するためには、結晶質半導体膜605に対してレーザー光を照射することも有効である。レーザーには波長400nm以下のエキシマレーザー光や、YAGレーザーの第2高調波、第3高調波を用いる。いずれにしても、繰り返し周波数10~1000Hz程度のパルスレーザー光を用い、当該レーザー光を光学系にて100~400mJ/cm<sup>2</sup>に集光し、90~95%のオーバーラップ率をもって結晶質半導体膜605に対するレーザー処理を行っても良い。

【0079】こうして得られる結晶質半導体膜605には、金属元素(ここではニッケル)が残存している。それは膜中において一様に分布していないにしろ、平均的な濃度とすれば、1×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>を越える濃度で残存している。勿論、このような状態でもTFTをはじめ各種半導体素子を形成することが可能であるが、より好ましくはゲッターリングにより当該元素を除去することが望ましい。

【0080】図16(B)はゲッターリングサイト608を形成するために、イオンドーピング法で希ガス元素、或いは希ガス元素と一導電型の不純物元素を結晶質半導体膜605に添加する工程を示している。結晶質半導体膜605の表面には、マスク用の酸化シリコン膜606が100~200nmの厚さに形成され、開孔部607が設けられ結晶質半導体膜が露出した領域に希ガス元素、或いは希ガス元素と一導電型の不純物元素を添加する。希ガス元素の結晶質半導体膜中における濃度は1×10<sup>19</sup>~1×10<sup>21</sup>/cm<sup>3</sup>とする。

【0081】このドーピングは、水素で1~10%、好ましくは3~5%に希釈したフォスフィン(PH<sub>3</sub>)またはジボラン(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)を添加した後に希ガス元素を添加する。または、希ガスで1~10%、好ましくは3~5%に希釈したPH<sub>3</sub>またはB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>を添加する。しかし、より好ましくは、希ガス元素のみをイオンドーピング法で添加してゲッターリングサイトを形成する。

【0082】希ガス元素としてはヘリウム(He)、ネオン(Ne)、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)から選ばれた一種または複数種を用いる。代表的にはアルゴンを用いる。本発明はゲッターリングサイトを形成するためにこれら不活性気体をイオンソースとして用い、イオンドーピング法或いはイオン注入法で半導体膜に注入することに特徴を有している。これら不活性気体のイオンを注入する意味は二つある。一つは注入によりダングリングボンドを形成し半導体膜に歪みを与えることであり、他の一つは半導体膜の格子間

に当該イオンを注入することで歪みを与えることである。不活性気体のイオンを注入はこの両者を同時に済ませることができるが、特に後者はアルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe) などシリコンより原子半径の大きな元素を用いた時に顕著に得られる。

【0083】ゲッターリングは窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行うと、ゲッターリングサイト608に金属元素を偏析させることができる。或いは、実施例1と同様にして本発明の熱処理装置を用い、13.3～1.33×10<sup>4</sup>Paの減圧下にてパルス光の照射により行うこともできる。その場合、ゲッターリングを効果的に成し遂げる為には、パルス光により加熱される半導体膜の温度は格子を緩和して歪みを除去しない程度の温度とする。

【0084】その後、エッチングによりゲッターリングサイトを除去すると、図16(C)に示すように金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜609が得られる。こうして形成された結晶質シリコン膜608は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。特に、希ガス元素のみを用いてゲッターリングサイトを形成した場合には、この結晶質半導体膜609をそのまま用いて実施例2または3で示すTFTを形成することができる。

【0085】[実施例5]半導体膜の結晶化を助長する元素を選択的に形成する方法を図17により説明する。図17(A)において、基板601としてガラス基板を用いる場合にはブロッキング層602を設ける。また、非晶質構造を有する半導体膜603も実施例1と同様に形成する。

【0086】そして、非晶質構造を有する半導体膜603上に上に100～200nmの厚さの酸化シリコン膜610を形成する。酸化シリコン膜の作製方法は限定されないが、例えば、オルトケイ酸テトラエチル (Tetraethyl Ortho Silicate: TEOS) とO<sub>2</sub>とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5～0.8W/cm<sup>2</sup>で放電させ形成する。

【0087】次に、酸化シリコン膜610に開口部611を形成し、重量換算で1～10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液を塗布する。これにより、触媒金属含有層612が形成され、それは開口部611の底部のみで半導体膜603と接触する。

【0088】実施例1と同様にして本発明の熱処理装置を用い、1～200Paの減圧下にてパルス光の照射により図17(B)に示す結晶質半導体膜605を形成することができる。この場合、結晶化は触媒となる金属元素が接した半導体膜の部分でシリサイドが形成され、それを核として基板の表面と平行な方向に結晶化が進行する。こうして形成された結晶質シリコン膜614は棒状

または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。

【0089】次いで、開口部611を利用して、同様にイオンドープ法で希ガス元素のみ、或いは希ガス元素と一導電型の不純物元素を添加してゲッターリングサイト615を形成する。ゲッターリングは窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行うと、ゲッターリングサイト615に金属元素を偏析させることができる。或いは、実施例1と同様にして本発明の熱処理装置を用い、13.3～1.33×10<sup>4</sup>Paの減圧下にてパルス光の照射により行うことができる。その場合にも、ゲッターリングを効果的に成し遂げる為には、パルス光により加熱される半導体膜の温度は格子を緩和して歪みを除去しない程度の温度とする。

【0090】その後、エッチングによりゲッターリングサイトを除去すると、図17(D)に示すように金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜616が得られる。この結晶質半導体膜609をそのまま用いて実施例2または3で示すTFTを形成することができる。

【0091】[実施例6]実施例4または実施例5で示すような希ガス元素を用いたゲッターリングは、実施例2で示すTFTの製造工程において、ソース・ドレイン領域を形成するための不純物領域に希ガス元素を添加することで、同様な効果を得ることができる。即ち、当該不純物領域の抵抗率を下げるために行う活性化のための加熱処理を行うことで、チャネル形成領域に残存する金属元素の濃度を低減させることができる。

【0092】[実施例7]本発明を用いることにより様々な半導体装置を製造することができる。その様な半導体装置として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型表示装置(ヘッドマウントディスプレイ)、ナビゲーションシステム、音響再生装置(カーオーディオ、オーディオコンボ等)、ノート型パーソナルコンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等)、記録媒体を備えた画像再生装置などが挙げられる。それら半導体装置の具体例を図18および図19に示す。

【0093】図18(A)はデスクトップ型パーソナルコンピュータなどのモニターであり、筐体3301、支持台3302、表示部3303などから成っている。本発明により、表示部3303やその他集積回路を形成してモニターを作製することができる。

【0094】図18(B)はビデオカメラであり、本体3311、表示部3312、音声入力部3313、操作スイッチ3314、バッテリー3315、受像部3316等を含む。本発明により、表示部3312やその他集積回路を形成してビデオカメラを作製することができる。

【0095】図18(C)はヘッドマウントディスプレ

イの一部(右片側)であり、本体3321、信号ケーブル3322、頭部固定バンド3323、投影部3324、光学系3325、表示部3326等を含む。本発明により、表示部3326やその他集積回路を形成してヘッドマウントディスプレイを作製することができる。

【0096】図18(D)は記録媒体を備えた画像再生装置(具体的にはDVD再生装置)であり、本体3331、記録媒体(DVD等)3332、操作スイッチ3333、表示部(a)3334、表示部(b)3335などから成っている。表示部(a)3334は主として画像情報を表示し、表示部(b)3335は主として文字情報を表示するが、本発明により、表示部(a)3334、表示部(b)3335やその他集積回路を形成し画像再生装置を作製することができる。なお、記録媒体を備えた画像再生装置には家庭用ゲーム機器なども含まれる。

【0097】図18(E)はゴーグル型表示装置(ヘッドマウントディスプレイ)であり、本体3341、表示部3342、アーム部3343を含む。本発明により、表示部3342やその他集積回路を形成しゴーグル型表示装置を作製することができる。

【0098】図18(F)はノート型パーソナルコンピュータであり、本体3351、筐体3352、表示部3353、キーボード3354等を含む。本発明により、表示部3353やその他集積回路を形成しノート型パーソナルコンピュータを形成することができる。

【0099】図19(A)は携帯電話装置であり、本体3401、音声出力部3402、音声入力部3403、表示部3404、操作スイッチ3405、アンテナ3406を含む。本発明により、表示部3404やその他集積回路を形成し携帯電話装置を形成することができる。

【0100】図19(B)は音響再生装置、具体的にはカーオーディオであり、本体3411、表示部3412、操作スイッチ3413、3414を含む。本発明により表示部3412を形成し音響再生装置を作製することができる。また、本実施例では車載用オーディオを示すが、携帯型や家庭用の音響再生装置に用いても良い。

【0101】図19(C)はデジタルカメラであり、本体3501、表示部(A)3502、接眼部3503、操作スイッチ3504、表示部(B)3505、バッテリー3506を含む。本発明により、表示部(A)3502表示部(B)3505やその他集積回路を形成しデジタルカメラを形成することができる。

【0102】以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、様々な電子装置に適用することが可能である。また、本実施例の電子装置は実施例1~6のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

る。

#### 【0103】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の熱処理装置により、短時間で非晶質半導体膜の結晶化や、半導体膜に添加した不純物元素の活性化などを目的とした熱処理をすることができる。

【0104】また、光源の1回当たりの点灯時間は0.1~60秒、好ましくは0.1~20秒として、該光源からの光を複数回照射し、半導体基板の最高温度の保持時間を0.5~5秒であるようにすることで、耐熱性の低いガラス基板を用いても熱処理効果を高め、半導体基板に形成された耐熱性の低い層のダメージを防ぐことができる。

【0105】また、上記熱処理を減圧下で行うことにより、雰囲気中の酸素濃度が低減され、半導体膜の表面の酸化が抑制されて不純物の活性化を促進し、再現性の高い熱処理を行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の熱処理装置の構成を説明する図。

【図2】 本発明の熱処理装置の構成を説明する図。

【図3】 本発明の熱処理装置の構成を説明する図。

【図4】 本発明の熱処理装置の構成を説明する図。

【図5】 加熱手段及び冷却手段の一例を説明する図。

【図6】 光源の点滅と半導体基板の温度変化を説明する図。

【図7】 パルス光の照射による予備加熱と加熱処理の方法を説明する図。

【図8】 ハロゲンランプなどを光源とし、該光源をパルス状に点滅させるのに適した制御回路の一例を示す図。

【図9】 本発明の熱処理装置による半導体膜の熱処理方法を説明する図。

【図10】 半導体装置の作製工程を説明する図。

【図11】 本発明の熱処理装置による半導体膜の熱処理方法を説明する図。

【図12】 半導体装置の作製工程を説明する図。

【図13】 駆動回路、画素部を同一基板上に形成した基板の構成を説明する図。

【図14】 画素部の構成を説明する図。

【図15】 表示装置の素子基板の外観を説明する図。

【図16】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

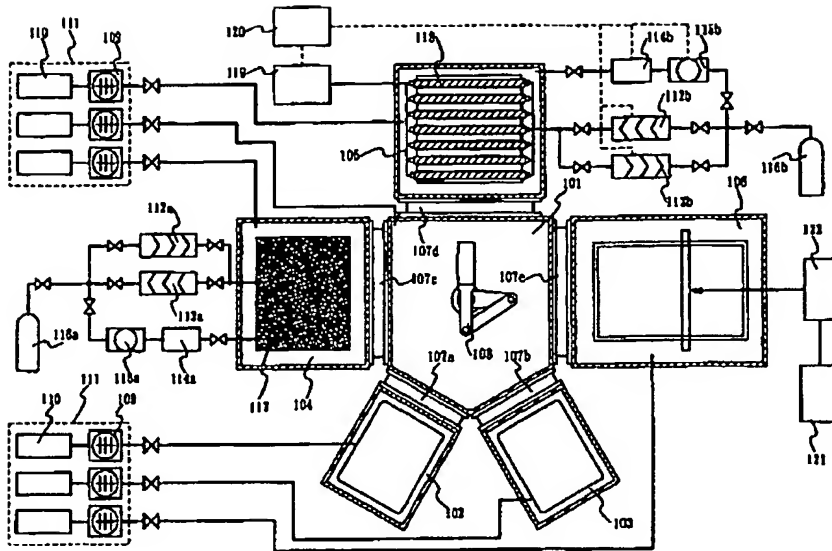
【図17】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図18】 半導体装置の一例を示す図。

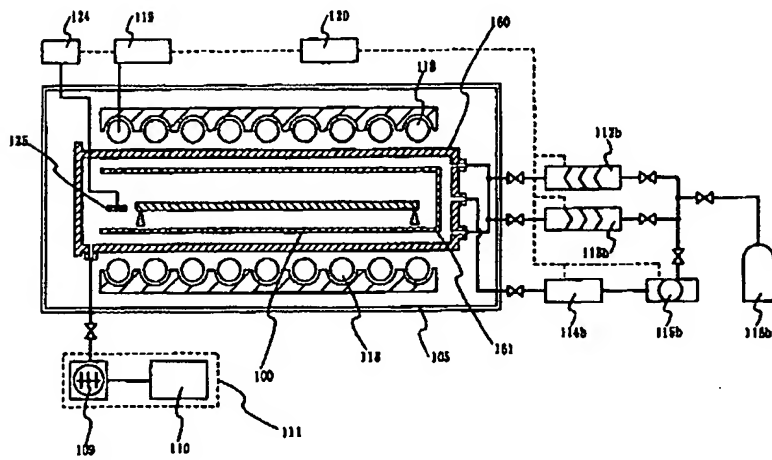
【図19】 半導体装置の一例を示す図。



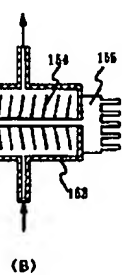
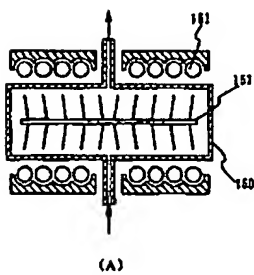
【図 1】



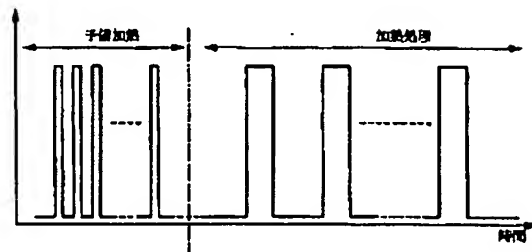
【図 2】



【図 5】

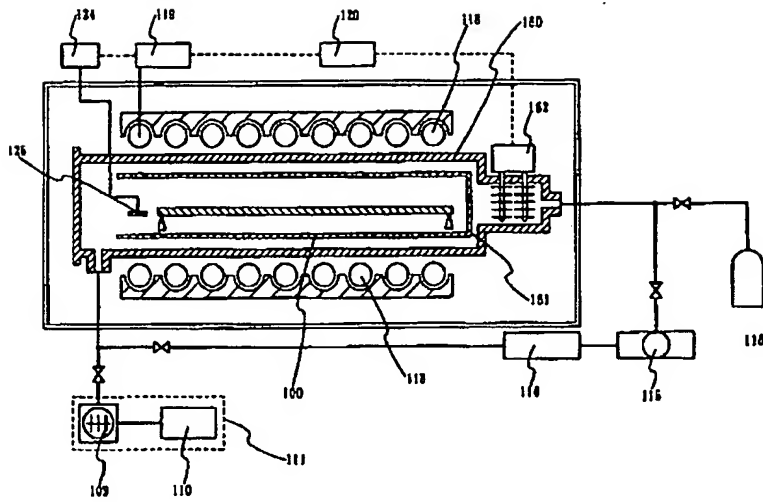


【図 7】

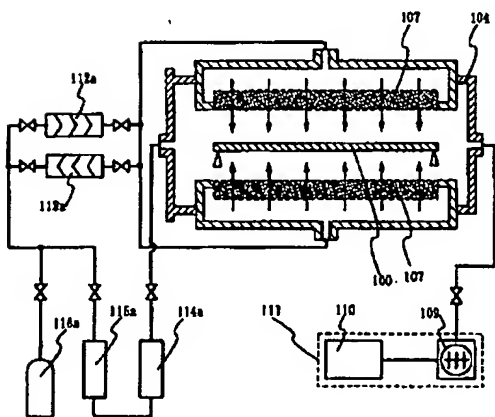




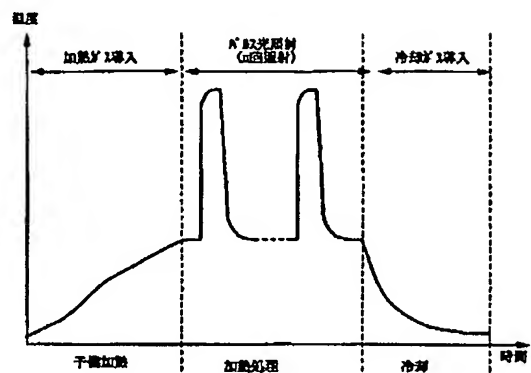
【図3】



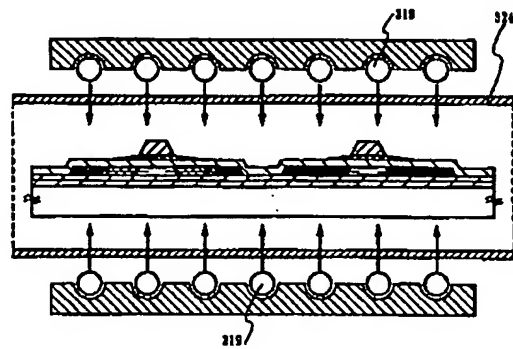
【図4】



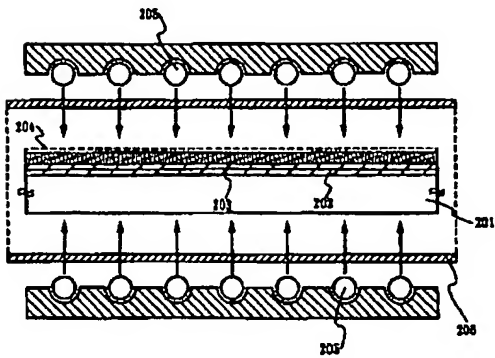
【図6】



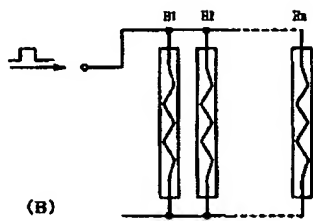
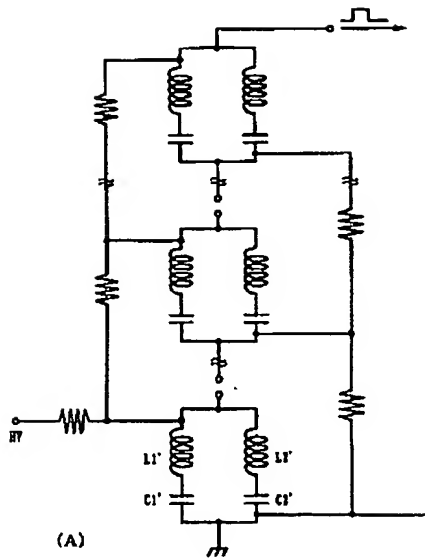
【図11】



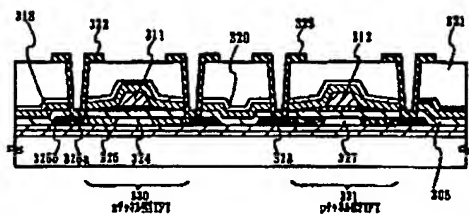
【図9】



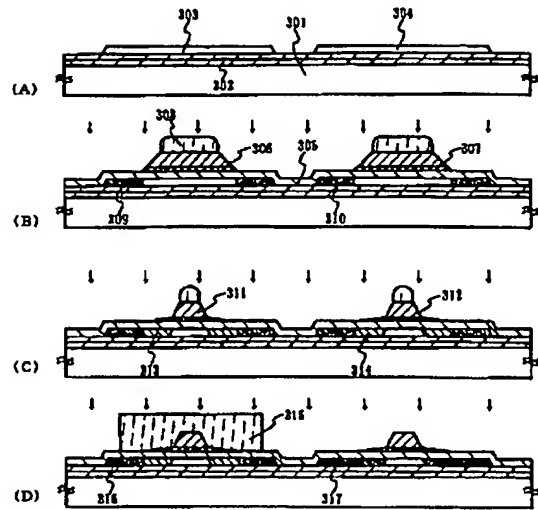
【図8】



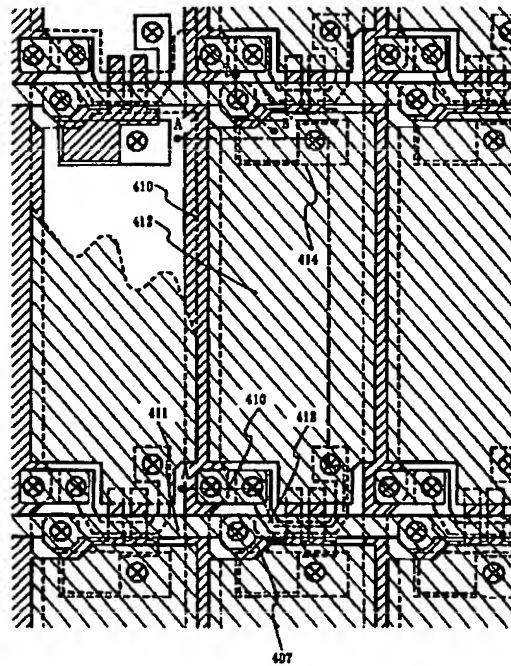
【図12】



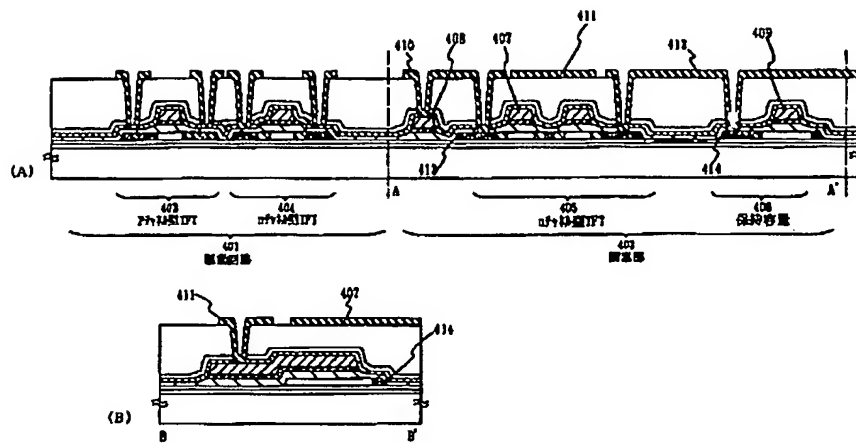
【図10】



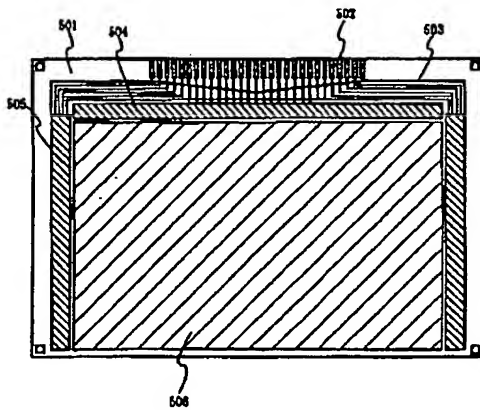
【図14】



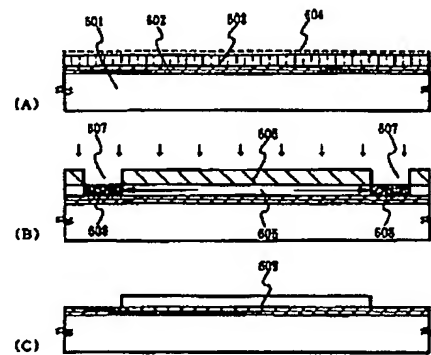
【圖13】



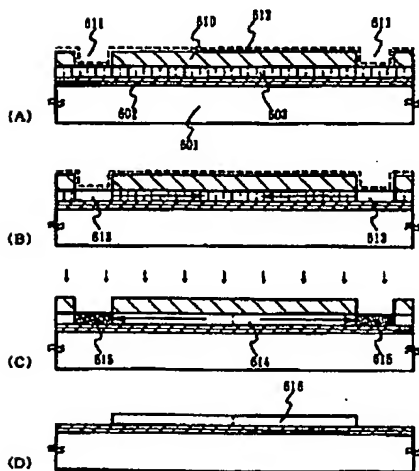
【圖15】



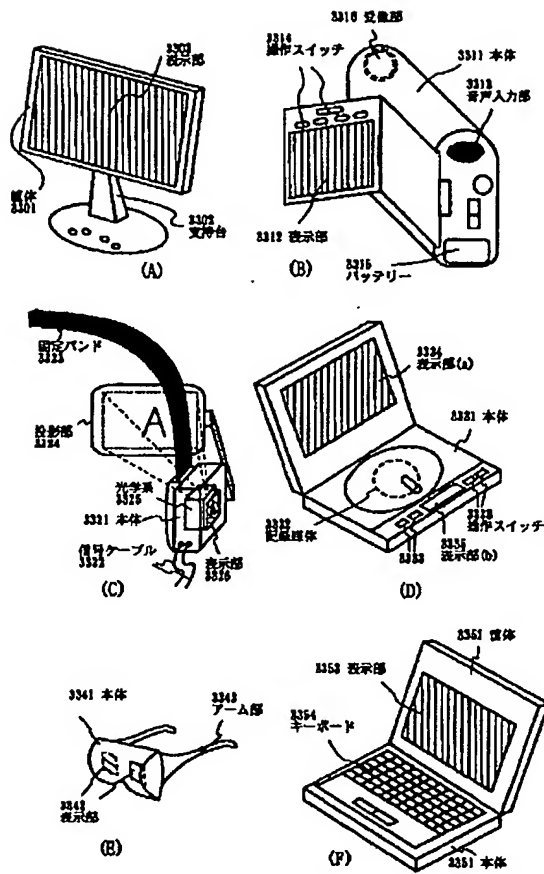
【圖16】



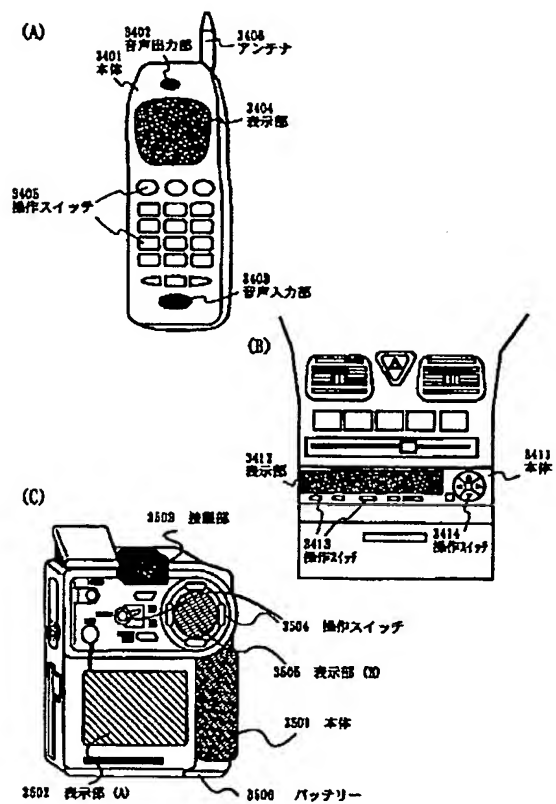
【圖17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 01 L 21/306

識別記号

F I  
H 01 L 21/26  
21/306

ノート (参考)

J  
D

F ターム ( 参考 ) 4K030 AA01 AA06 AA13 BA29 BA35  
CA04 CA12 JA11 KA24 KA25  
KA26  
5F043 BB27 GG10  
5F052 AA02 AA11 AA24 CA10 DA02  
DB03 EA16 FA06 FA19 FA22  
HA01 JA01  
5F110 AA16 BB02 CC02 DD02 DD03  
DD13 DD14 DD15 DD17 EE01  
EE04 EE14 EE23 EE28 FF01  
FF02 FF04 FF28 FF30 GG01  
GG02 GG13 GG25 GG43 GG45  
GG47 HJ01 HJ04 HJ12 HJ13  
HJ23 HL03 HL04 HM15 NN03  
NN22 NN24 NN27 NN35 PP02  
PP03 PP04 PP05 PP23 PP29  
PP34 PP35 QQ04 QQ11 QQ19  
QQ23 QQ28